

音の再生について(1)

| | |
|-----|---|
| 著者 | 橋本 俊彦, 村田 浩 |
| 雑誌名 | 日本歯科大学紀要. 一般教育系 |
| 巻 | 4 |
| ページ | 109-116 |
| 発行年 | 1975-03-25 |
| URL | http://doi.org/10.14983/00000118 |

音の再生について(1)

新潟歯学部 橋本俊彦, 村田 浩

Toshihiko HASHIMOTO & Hiroshi MURATA: On the Regeneration
of Sound (1)

(1974年12月13日受理)

日本歯科大学紀要

第 4 号

1975年3月

BULLETIN OF NIPPON DENTAL COLLEGE, GENERAL EDUCATION

音の再生について(1)

§1 序 論

音を記録し、好きなときにそれを再生して音楽会の感動を再び味わう、ということは、多くの人々の長い間の夢であった。音響学的研究と電子工学の進歩のお陰で、この生の音の忠実な再生という問題は、現在では、ほとんど解決済みのものとなっているようである。

人間の耳は驚くほど鋭敏な道具であって、その可聴範囲は振動数で20 Hzから20 KHz、強度比では $1:10^{12}$ にも及ぶ。しかしながら、より重要なことは、複合音を解析する能力をもつということである。楽器の音を識別し、位置を知り、雰囲気まで感じとる。このような聴覚において神経が行なう分析には不明な点が多く、いまだに物理学的分析を拒んでいる分野の一つである。そのため、音楽をうまく再現することは出来ても、それと見分けのつかない程似ている音を作るのはさしあたって不可能なこととなっている。また、人間が聞けば美しい音であり、恋のささやきであっても、われわれが行なう物理的解析は、大分様子が違ったものとなる。

音の再生は図-1のような過程で行われるのであるが、ここで入力させられた音すなわ

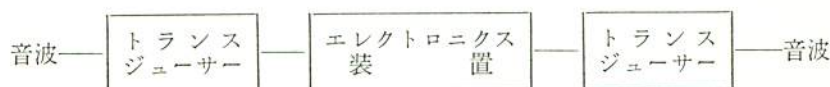


図-1 音の再生過程

ち生の音と、このような過程を経て出てくる再生音とを耳で聞き比べてみると、一般に忠実度が高くなったとは言っても、かなりの相違点を見出すことが出来る。この相違点を分析し、その原因をさぐるのがわれわれの課題である。

音波は力学的な振動であるから、これをエレクトロニクス装置で処理するためには、それを電氣的な振動に変換するためのトランスジューサーが必要である。音圧を電圧に変えるための素子、すなわち入力素子としては、通常、マイクロホンが使われ、出力素子としてはスピーカーが使われている。再生過程の中で、この入、出力素子も多くの問題を抱えているのであるが、われわれは、これらの素子の特性も、後述のアンプの特性に近い位にまで改良されてきていると考え、この過程を、一応、省略して考えることにする。

音の再生過程で使われるエレクトロニクス装置は、図-2のように分けることができる。



図-2 エレクトロニクス装置

アンプは、入力のコントロール機能をもつプリアンプと増幅作用をするメインアンプの部分からなっている。このプリアンプで入力波を、低、中、高音の三段階に分割し、その各々を独立に増幅するマルチアンプ方式をとる場合もあるが、現在ではかなりの高級機種でも、この方式はとらず、むしろ、プリ・メインアンプとして二つの機能を合体させたものが多く使われている。これは、エレクトロニクス素子等の開発が進んだ結果、他の部分に比して、アンプの性能が特に向上したためであり、われわれの実験でも実証されたことである。

記録装置は、ディスク・レコードと磁気テープ録音に大別される。前者は、録音の特性、使用の便利さ等の点で、かなり良いものが作られ、完成品として市販されているが、個人的に音の記録・再生のため使用するのには、通常、後者の方式であり、この段階が音の再生過程で大きな弱点となっている。磁気テープ録音のための装置は、その使用するテープに応じて、オープン・デッキとカセット・デッキに分かれている。後者は、使用の便利さを追求して生れた装置であるが、前者に比して特性が悪く、その改善が課題となっている。オープン・デッキでは、テープを送るスピードを何段階かに変えられるようになっており、もちろん、スピードの早い方が特性が良くなる。現在市販されているオープン・デッキの中で、最も特性がよいのは、テープを 38 cm/sec のスピードで送り、更にテープ幅も広く使用する、俗称サンパチ・ツートラと呼ばれる機種である。

音の波形をシンクロスコープを使って見ると、かなり複雑な形をしている。一方、フー

リエの定理により、どんな複雑な波形でも、適当な振動数、位相、振幅をもった、いくつかの正弦波の重ね合わせから出来ていることがわかる。この正弦波を純音と呼ぶのであるが、自然音が純音の重ね合わせから出来ていると考えるためには、音響系が全体として線形であることが前提条件である。ところが、かなり強い音を除けば、力学系は線形性を保つが、むしろ人間の耳はすばらしく非線形であることが知られている。このように音響系は必ずしも線形とは限らないが、弱音または中程度の音では線形条件が満たされていると考えられる。このとき、純音は自然音の成分音ということになる。

そこで純音がどう再生されてゆくかを見るのが重要になる。ここではトランスジェンサーは省略して考えるので、純音は電氣的な正弦波信号として、発信器によって入力され、電氣的振動として出力される。通常、音響機器の周波数特性というのは、このときの増幅度と周波数との関数関係のことを言う。この特性に関しては、われわれの実験でも、アンプ及びオープン・デッキに関しては、可聴領域で十分フラットであり、カセットでもかなり高音の方で落ちる程度であることが示された。ところが、前述のような非線形性の問題が出てきて、これでは、たとえば音質の変化まで問題にするには不十分である。そのためには、かなり広い周波数範囲にまたがる正弦波をいくつか重ね合わせた波形がどう変ってゆくかを見る必要がある。今回は、装置の不足によりこの実験は出来なかったのであるが、われわれはまず、単一周波数の矩形波がどう変形されてゆくかを見た。この実験では、予想通り、明らかな非線形性現象が観測された。このことは生の音と再生音の相違を示す事実の1つである。

尚、われわれの実験は、部分的には将来学生実験としてとりあげてゆこうという意図をもって、すべて学生実験用の器具を使用して行った。

§2 実 験 方 法

RCオシレータからの正弦波或は矩形波を被測定機器に入力させる。出力側でオシロスコープと真空管電圧計により出力波形と出力電圧を測定する。入力側でも念のため同様の測定を行い、増幅度を求める。

$$\text{増 幅 度} = \frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}}$$

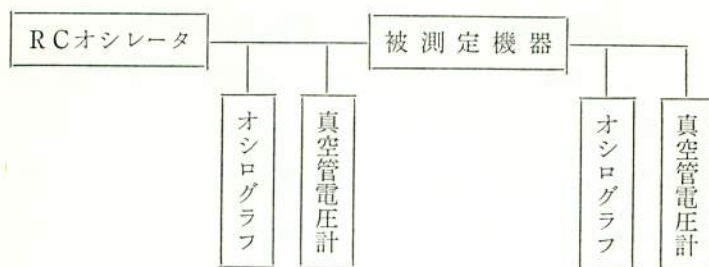


図-3 実験方法

ここでは被測定機器として、アンプはヤマハ CA-1000, オープン・デッキはソニー TC-7750-2, カセット・デッキはテクニクス RS 276 Uを用いた。測定用機器として、RCオシレータは菊水電子工業 ORC-27A, 真空管電圧計は菊水電子工業 117 A, オシログラフは中村理科 NOS-75Sを用いた。

アンプの特性を測定する場合、トーン・コントロール, 周波数フィルター及びラウドネス・コントロールは使わず, ボリュームは適当な位置にした。メイン・アンプはB級動作にして, 信号は AUX-1より入力させた。

オープン・デッキはBASF, LP35LHのテープを使い, カセット・デッキはTDKのD, SD, ED, KRのC-90を用いた。オープン・デッキではアンプ部のみを通過した信号と, 一度テープに録音し, それを再生した信号をモニター・スイッチで切換えながら両方を測定した。カセット・デッキでは入力信号は一度テープに録音し, それを再生して測定した。テープスピードはオープンが38cm/sec, カセットが4.8cm/secである。

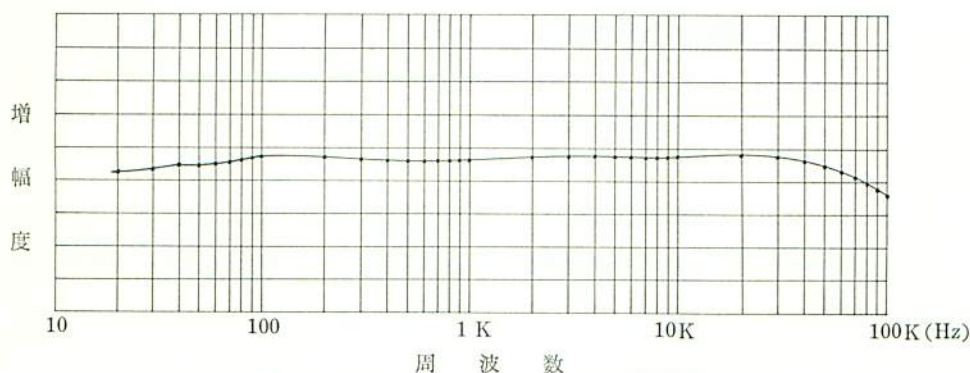


図-4 アンプ (ヤマハCA-1000) の周波数特性

§3 結果と考察

(1) アンプの周波数特性

図-4がヤマハ CA-1000の周波数特性である。これを見ればわかるように、可聴周波数20Hzから20KHzまではほとんどフラットになっており、さらに高域まで伸びている。このようにアンプは、周波数特性に関しては良いものが製作可能であると思われる。ただし、入力正弦波を用いており、矩形波のような急な立ち上がりに対する追従性の良否は後で考える。

(2) オープン・デッキの周波数特性

図-5がソニー TC-7750-2の周波数特性である。点線はモニター・スイッチをモニタ

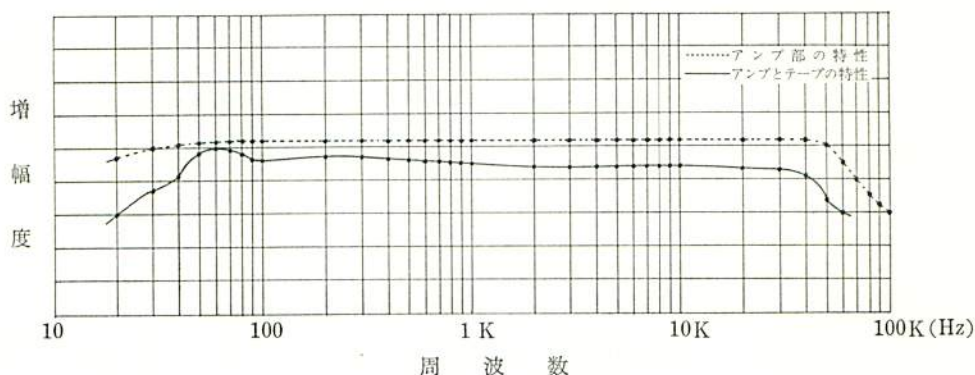


図-5 オープン・デッキ(ソニー TC-7750-2)の周波数特性

ー側にする、つまりアンプ部の周波数特性であり、実線はモニター・スイッチをテープ側にする、つまりアンプ及びテープの特性の重ね合わせである。

アンプ部は可聴周波数を十分カバーし、高域まで伸びている。テープの特性を含めても、可聴範囲はカバーしていることがわかる。矩形波に対する追従性は後で考えることにする。

(3) カセット・デッキの周波数特性

図-6がクロム・テープを用いた場合のテクニクス RS276Uの周波数特性である。

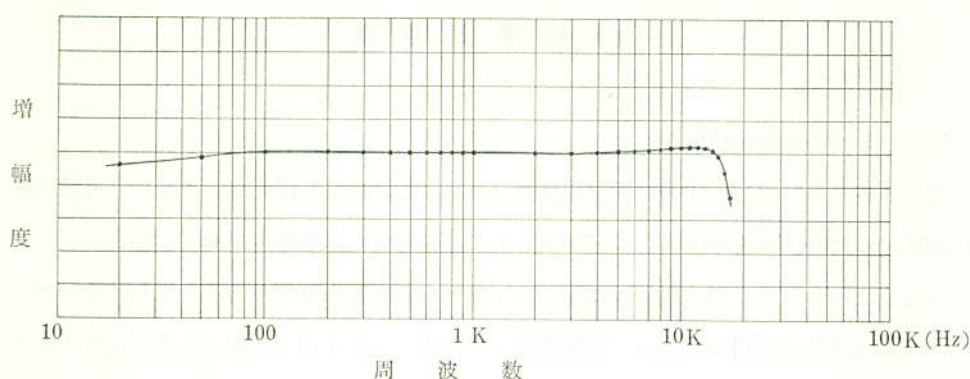


図-6 カセット・デッキ (テクニクス RS276U) の周波数特性

ノーマル・テープつまりD, SD, EDの特性もほとんど同じグラフになった。しかし音楽を録音した場合、これらのテープには聴覚上明らかな違いがある。今回の我々の測定ではそれが明らかではない、つまり単なる正弦波に対する周波数特性以外の理由によるものと思われるが、これは今後の課題である。

オープン・デッキに比べて1/8のテープスピードであり、テープ幅も狭くなっているため、20Hzから15KHz程度をカバーしている。ここでも単なる周波数特性でなく、矩形波に対する追従性が問題となるが、これは次に考えよう。

(4) 矩形波に対する追従性

正弦波の入力に対して、アンプ、デッキいずれも出力波形に乱れは始んどない。

さて、これまで論じた周波数特性は正弦波に対するものである。実際の音は複雑な波形をしており立ち上がりの急な波形もある。そこでいろいろな周波数の矩形波を入れたときの出力波形をオシロ・スコープで見た。図-7がそれである。

アンプは低い方と高い方で波形がやや乱れるが、可聴範囲では入力波形に近い。

オープン・デッキは、まずアンプ部を見ると、5KHzで乱れが現われており、15KHzで矩形波から遠くなる。テープの特性を含めた場合は更に乱れがひどくなっており、20KHzでは正弦波のような波形になる。

カセット・デッキは500Hzで乱れ始め、オープンでは10KHzで現われた波形が5KHzで既に見られ、10KHzでは、オープンの20KHzの波形が見られる。このようにカセットは周波数特性のみならず、入力波形に対する追従性でもオープンに劣ると言える。

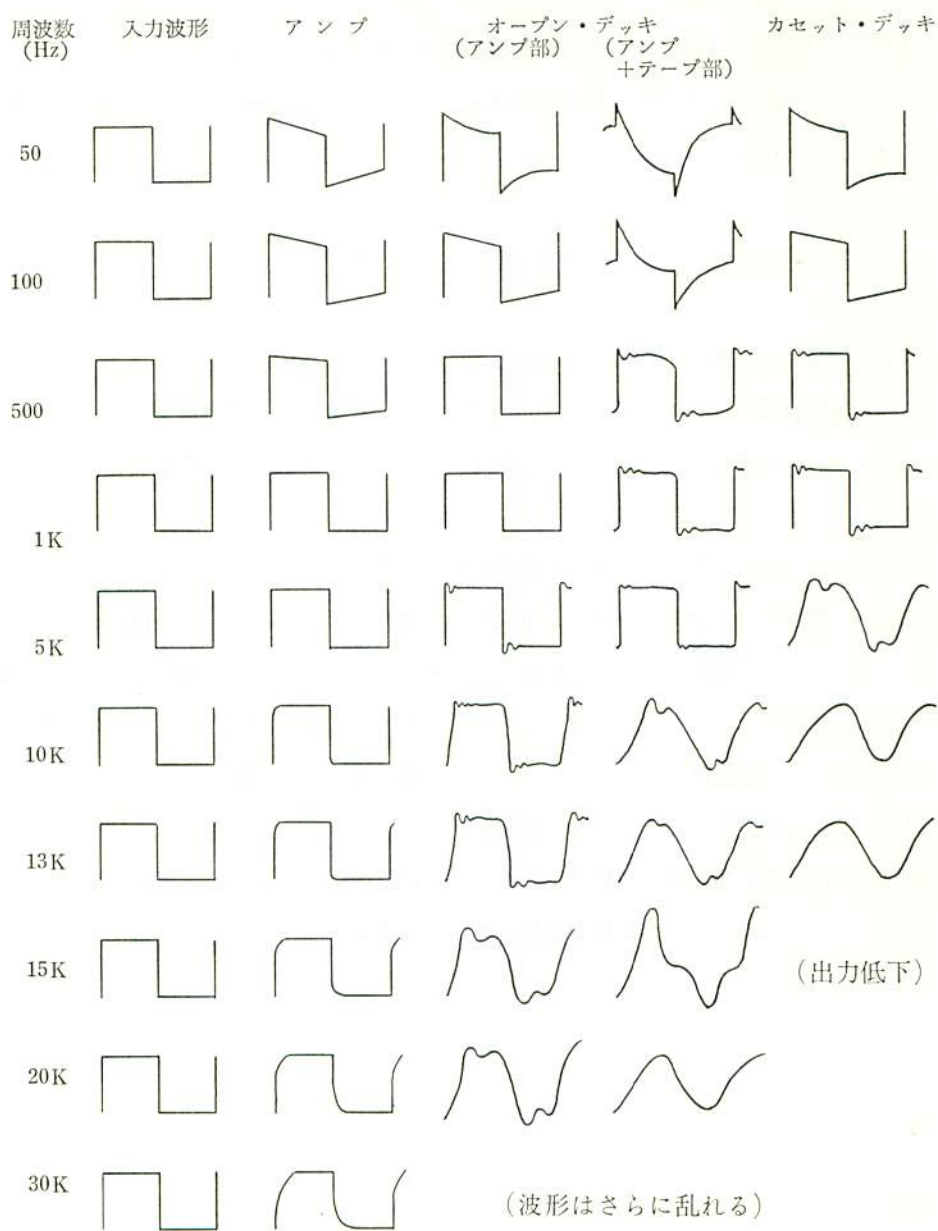


図-7 矩形波に対する出力波形

(5) 異なる二種の波形を入力させた場合

2 KHzの矩形波と10KHzの正弦波を重ねてオープン・デッキに入れ、波形をシンクロ・スコープで見たが、入力及び出力波形とも二つの波の重ね合わせとなり、線形性が維持されていることがわかった。

§4 ま と め

以上の結果をまとめると次のようになる。

(1) 周波数特性だけに関しても、現在のアンプは高度に完成された装置であり、オープン・デッキの場合も十分にフラットである。カセット・デッキに関してさえも、もう一息というところまできている。

(2) 矩形波はかなり低い周波数でも変形される。急激な変化の後には小さなリップルが残るが、一般的には、急激な変化はより緩やかな変化に変えられるという傾向をもつ。

(3) カセットには質的に違うと言われている数ランクのテープが市販されているが、特性と波形の変化についてだけならば、そのどれをとっても全く同じと言ってよい。耳で聞いた音の明らかな相異は、ダイナミックレンジの違い等の他の原因による。これは非線形が現われるような強い音を入力させて測定を行って見ないとわからない。

自然音と再生音との相異を分析するためには、以上の点をふまえて、更に研究を進める必要がある。その際に、再生過程の非線形性は特に重要な問題となってくるであろう。